



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Neuroethological studies on auditory modulation of wind-elicited walking behavior in the cricket [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	福富, 又三郎
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(生命科学)
Dissertation Number	甲第13613号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74515
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Matasaburo_Fukutomi_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（生命科学） 氏 名 福富 又三郎

審査担当者	主査	教 授	小川 宏人
	副査	教 授	水波 誠
	副査	准教授	相馬 雅代

学 位 論 文 題 名

Neuroethological studies on auditory modulation of wind-elicited walking behavior
in the cricket
(コオロギの気流誘導性歩行運動の聴覚修飾に関する神経行動学的研究)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

外敵の接近から素早く逃げる逃避行動はあらゆる動物に普遍的にみられる生得的行動である。逃避行動は必ずしも定型的な運動ではなく、同一の忌避的刺激に対しても状況に応じてその行動を柔軟に変化させる。しかし、その逃避行動の状況依存的修飾の基盤となる神経メカニズムについては依然として不明な点が多い。この問題にアプローチするためには、逃避行動を直接引き起こす「トリガー刺激」と状況を表現する「状況刺激」の双方を実験者がコントロールでき、かつその時空間的関係を精密に操作できる実験系が必要である。

本論文は、逃避行動の状況依存性の神経機構の解明を目的として、フタホシコオロギ (*Gryllus bimaculatus*) を用いて気流刺激（トリガー刺激）による逃避歩行行動に対する先行音（状況刺激）による修飾効果を検証したものである。コオロギは腹部末端に尾葉と呼ばれる気流感覚器官をもち、短い気流刺激に対して刺激源からすばやく遠ざかる逃避行動を示す。一方、前肢には鼓膜器官が存在し、同種のオスの誘引歌や捕食者であるコウモリの発する超音波に対して、それぞれ正または負の走性を示す。すなわち、コオロギの気流感覚系と聴覚系は、ともに刺激源方位に関する空間情報を認識する機能をもつ。福富氏は、トレッドミル装置を用いた行動計測実験により、コオロギ側方からの気流刺激で誘発される逃避方向行動が、気流刺激に先行して高周波音を呈示することによって変化することを発見し、両刺激の時空間的一致性や音刺激の周波数による修飾効果の違い、さらに聴覚性投射ニューロンの一つである AN2 ニューロンの応答性変化を明らかにした。

本論文の第一章では、音刺激（10 kHz トーン音）を気流刺激に対して 800 ミリ秒先行して呈示し、続く 200 ミリ秒間気流刺激を音と同時に側方から与えると、逃避行動の移動方向が音刺激のない場合に比べて後方へ偏り、気流刺激に対する反応閾値が上昇することを示した。これらの行動変化は、音刺激を前方から呈示しても同様に観察されたことから、両刺激の方向一致性には影響されないと考えられた。さらにこの行動変化は初回の試行から観察され、試行を繰り返しても変化しなかったことから、経験依存的な学習の効果ではないことを示した。すなわち、福富氏は行動の状況依存的変化の神経機構を解明する新たな実験パラダイムを構築することに成功した。

第二章では、気流刺激に対する音刺激の先行時間と両刺激の重複時間が異なる複数の刺激パターンを用いて、気流逃避行動修飾に対する両刺激の時間的關係性の影響を調べた。その結果、移動方向の変化は、音と気流の同時呈示では生じないことから音刺激が先行する必要があるが、刺激閾値の上昇は同時呈示でも生じるので、必ずしも先行する必要はないことを示した。また、先行音を気流刺激前に終了させても、さらに音刺激終了から 600 ミリ秒後に気流刺激を呈示しても、

行動変化は同様に観察されることを明らかにした。これらの結果は、逃避行動変化を生じさせる音刺激の情報は終了後少なくとも 600 ミリ秒間は保持されることを示した。すなわち、行動状況依存的变化が訓練を必要としないワーキングメモリによって生じる事を示唆しており、神経生物学的に重要な発見である。

第三章では、コオロギ誘引歌の搬送周波数に一致する 5 kHz のトーン音と、飛行中のコオロギに回避運動を起こさせる 15 kHz のトーン音をそれぞれ先行して呈示し、気流逃避行動の修飾における聴覚による状況依存性を調べた。その結果、5 kHz 音はほとんど行動を変化させなかったのに対し、15 kHz トーンは移動方向の変化と反応閾値の上昇に加え、移動距離の増大とターン角度のばらつきの上昇を生じさせることを示した。より忌避的な状況を伝える高周波音ほど気流逃避行動への影響が大きいことから、コオロギは音の周波数から状況を判断し、逃避行動を変化させていることを明らかにした。単純な音の周波数によって異なる状況を表現することができる点でも、福富氏の考案した実験パラダイムは非常に有用であると考えられる。

第四章では、先行研究においてすでに音・気流刺激の両方に応答することが報告されている胸部神経節内の Ascending neuron 2 (AN2) をターゲットとして、行動実験と同じ刺激を用いてその気流応答性が変化するかを検証した。その結果、AN2 の気流刺激に対する応答が先行音を呈示すると音刺激を呈示しない場合に比べて減少することを見いだした。さらにより純粋な AN2 の気流刺激に対する機械感覚応答に対する影響を調べるため、尾葉感覚神経束を電気刺激し、その応答に対する先行音の効果を調べた。その結果、先行音は尾葉電気刺激に対する応答も減弱させることを明らかにした。これらの結果は、気流感覚と聴覚はすでに胸部神経節内の神経回路で統合されており、その異種感覚応答に対する相互作用が逃避行動の修飾をもたらしている可能性を示唆している。

これを要するに、福富氏は、動物が状況依存的に生得的行動を変化させる神経機構を調べるための新規な実験パラダイムを構築することに成功し、2 種の感覚刺激の時空間一致性を検証するとともに、状況依存的な行動変化に関与する可能性をもつニューロンを特定した。最終的に逃避行動変化を起こす神経メカニズムの全容の解明にはいたらなかったが、その足がかりは非常に着実な研究成果であり、神経行動学的な意義は大きい。

よって著者は、北海道大学博士（生命科学）の学位を授与される資格あるものと認める。